

Gesture Matematis Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Fungsi

RIVATUL RIDHO ELVIERAYANI

Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Lamongan.

E-mail: rivatulridho@gmail.com

Abstrak:

Segala tindakan spontan siswa dalam menyelesaikan masalah matematika merupakan gesture. Penelitian terhadap tiga kelompok siswa yangmana setiap kelompok terdiri dari dua siswa semuanya menggunakan gesture berdasarkan klasifikasi McNeill. Gesture yang dilakukan sebanyak 53 gesture, diantaranya terdiri dari 13 gesture ikonik, 9 gesture metaforik dan 31 gesture deiktik. Gesture ikonik, metaforik dan deiktik ditemui dalam tiga cara baik itu disertai ucapan maupun tidak disertai ucapan. Pertama siswa menggunakan gesture ikonik, metaforik dan deiktik di atas kertas, kedua dilakukan diatas meja dan ketiga dilakukan di udara. Sesuai dengan hipotesis McNeill bahwa gesture matematis siswa memiliki gerakan-gerakan khusus untuk menjelaskan istilah- istilah matematika, dan gerakan ini menyerupai gerakan isyarat namun tidak semuanya mengacu pada gerakan isyarat.

Kata Kunci: pemecahan masalah, gesture, gesture ikonik, gesture metaforik, gesture deiktik.

Pendahuluan

Menyelesaikan masalah matematika merupakan proses yang perlu dimiliki siswa dalam pembelajaran matematika. Siswa dituntut untuk dapat mengembangkan kemampuan berpikirnya agar dapat lebih terampil dalam menyelesaikan masalah matematika. Peneliti banyak menemui siswa yang mengalami kesulitan dalam menyelesaikan tipe soal berbentuk soal cerita. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Croteau (2004) dan Chan, dkk (2006) bahwa siswa masih mengalami kesulitan saat memecahkan masalah matematika

berbentuk soal cerita materi aljabar dan geometri.

Ketika siswa menyelesaikan masalah matematika, peneliti mencoba mengamati proses penyelesaian masalah yang dilakukan oleh siswa. Peneliti mulai tertarik dengan segala tindakan spontan yang dilakukan siswa dalam memecahkan masalah matematika. Salah satu penelitian tentang tindakan spontan ini diungkap oleh Caroline, dkk (2012) tentang *Theories of Embodied Cognition*, teori ini menjelaskan bahwa kemampuan kognitif seseorang berhubungan dengan tindakan dan persepsi dari orang

tersebut. *Theories of Embodied
Cognition*

inilah yang mendasari bahwa tubuh terlibat dalam proses berpikir yang dilakukan oleh seseorang. Ketika seseorang berhadapan dengan sebuah masalah, secara alamiah seseorang memikirkannya sebentar dan secara spontan menanggapi masalah tersebut dengan berinteraksi melibatkan gerakan tubuh mereka.

Gerakan-gerakan spontan inilah yang disebut sebagai *gesture*. Becvar, dkk (2008) berpendapat bahwa *gesture* merupakan semua gerakan tubuh, khususnya lengan dan tangan yang terintegrasi baik dengan ucapan maupun tidak dan digunakan sebagai alat untuk mengkomunikasikan sesuatu. Hosteter & Alibali (2008) berpendapat bahwa *gesture* muncul dari persepsi dan simulasi motorik yang mendasari bahasa dan bayangan mental seseorang. Saat memecahkan masalah, siswa sering menggunakan *gesture* disertai dengan ucapan, hal ini digunakan untuk memperjelas penggunaan *gesture* kepada pendengar tentang apa yang sedang dipikirkannya (McNeill, 1992). Sehingga *gesture* sering nampak jika ada seseorang yang melihatnya.

Baru-baru ini penelitian yang menghubungkan antara *gesture* dan bahasa merupakan inovasi baru untuk sebuah paradigma dari kognisi yang diwujudkan. Gerakan seseorang merupakan bagian yang tak terpisahkan antara bahasa dan pikiran. Psikolog dan ahli bahasa David McNeill (1992) telah mengatakan bahwa bahasa dan *gesture* telah membentuk sebuah sistem yang terintegrasi dengan baik dalam

berkomunikasi. McNeill juga menunjukkan bahwa bahasa dan *gesture* memiliki karakteristik yang berbeda namun efektif dalam mendukung sebuah makna dalam komunikasi. Sehingga *gesture* dapat berperan sebagai mediasi (perantara) antara pengguna *gesture* dengan pengamat, gambaran yang subjektif, menjelaskan sebuah hal, dan percakapan konvensional.

Saat siswa berdiskusi menyelesaikan masalah matematika, siswa melakukan komunikasi dengan rekannya baik dalam menjelaskan apa yang dipikirkannya ataupun melakukan sebuah gambaran dalam menjelaskan konsep matematika. Komunikasi yang dilakukan juga tidak lepas dari penggunaan *gesture* di dalamnya. Hal ini sesuai dengan penelitian dalam beberapa tahun terakhir, terdapat sebuah badan penelitian empiris untuk melihat peranan *gesture* dalam melakukan, mengajar dan belajar matematika. Penelitian ini membahas topik mulai dari cara anak-anak menggunakan *gesture* dalam menghitung (Alibali & diRusso, 1999); bagaimana siswa bekerja sama memahami berbagai jenis grafik (Moschkovich, 1996; Reynolds & Reeve, 2002); penggunaan *gesture* dalam memecahkan masalah matematika (Alibali, dkk (1999); Rasmussen, Stephan & Allen (2004); Edwards (2009); Radford, Edwards, & Arzarello (2009); dan Francaviglia & Servidio (2011)); Pemecahan masalah konservasi bilangan dan ekuivalensi oleh Goldin-Meadow dan rekannya (Church & Goldin-Meadow, 1986; Alibali & Goldin-Meadow, 1993;

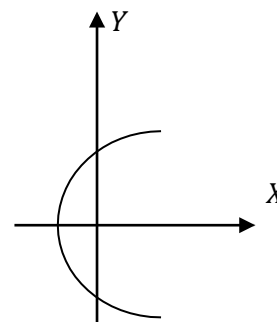
Goldin-Meadow, Alibali, & Church, 1993; dan Goldin-Meadow & Alibali, 1995).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan peneliti ingin melakukan analisis deskriptif mengenai jenis *gesture* yang digunakan oleh siswa saat berdiskusi tentang konsep fungsi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggambarkan jenis *gesture* spontan yang dilakukan siswa dalam konteks matematika. Selain itu juga untuk menyelidiki hipotesis yang dikemukakan oleh McNeill saat difokuskan dalam konsep matematika.

Metode

Subjek penelitian ini terdiri dari enam siswa SMP kelas VIII. Selanjutnya subjek dibagi menjadi 3 kelompok secara heterogen. Diskusi terjadi selama 10 menit untuk menyelesaikan masalah soal cerita berkaitan dengan konsep fungsi yang dituangkan melalui sebuah grafik seperti di bawah ini:

Dua orang siswa kelas VIII, yaitu Koko dan Wachid terlihat sedang berdiskusi tentang sebuah grafik terkait materi relasi dan fungsi. (Perhatikan gambar di samping!) Jika sumbu X pada grafik merupakan daerah asal suatu fungsi, Koko menganggap bahwa grafik tersebut merupakan representasi dari suatu fungsi. Namun, Wachid tidak setuju dengan Koko. Ia berpendapat bahwa grafik tersebut bukan merupakan representasi suatu fungsi. menurutmu, siapakah yang benar? Kemukakan alasanmu!



Data penelitian ini diambil dari rekaman *audio-visual* (video) siswa selama berdiskusi menyelesaikan masalah matematika secara kelompok. Selanjutnya dari hasil rekaman, peneliti menganalisa banyaknya *gesture* dan mengkategorisasikan variasi *gesture* yang dilakukan siswa dalam memecahkan masalah matematika. Analisis data mengikuti tahapan dari Johnson, B. & Christensen L. (2004) yakni dilakukan dengan teknik transkripsi, segmentasi, koding dan pengkategorisasian hingga penarikan kesimpulan.

Hasil

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan terhadap tiga kelompok, Tiga kelompok subjek terpilih berasal dari kelompok siswa berkemampuan tinggi dengan siswa berkemampuan sedang, siswa berkemampuan sedang dengan siswa berkemampuan sedang dan siswa berkemampuan sedang dengan siswa berkemampuan rendah. Terdapat sebanyak 53 *gesture* yang dilakukan diantaranya terdiri dari *gesture* ikonik, *gesture* metaforik dan *gesture* deiktik. Tabel 1 dibawah ini menunjukkan distribusi dari tiga jenis *gesture* yang

ditemukan serta presentase dari masing-masing jenis *gesture*.

Jenis <i>gesture</i>	Banyaknya	Presentase
<i>gesture</i> ikonik	13	24,5%
<i>gesture</i> metaforik	9	17%
<i>gesture</i> deiktik	31	58,5%
Total	53	100%

Tabel 1. Distribusi banyaknya *gesture* yang dilakukan

Gesture Ikonik

Gesture ikonik merupakan *gesture* yang menggambarkan hubungan kesesuaian dengan isi semantik pembicaraan. *Gesture* ikonik menggambarkan entitas konkret atau peristiwa, seperti melalui bentuk atau gerak lintasan tangan. *Gesture* ikonik terjadi ketika kedua siswa mendiskusikan tentang sebuah fungsi yang mengingatkan mereka tentang sebuah grafik yang saling berpotongan. *Gesture* tersebut dilakukan disertai dengan ucapan “seingatku kalau yang merupakan fungsi itu berpotongan dan sejajar.” Pada saat itulah, mereka menggunakan tangan dan jari mereka untuk mengindikasikan bagaimana bentuk grafik yang saling berpotongan. Percakapan dan *gesture* yang dimaksud ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Gesture ikonik untuk menjelaskan garis berpotongan

Sama halnya ketika kelompok lain mendiskusikan fungsi dengan representasi grafik maupun diagram mereka juga mengindikasikan konsep yang sedang dipikirkannya dengan menggerakkan tangan maupun jari-jari mereka secara spontan disertai dengan ucapan. Ketika mendiskusikan fungsi dengan diagram yang dikatakan “seingat saya fungsi itu bisa dibentuk dengan diagram panah yang saling menghubungkan antara satu bulatan dengan bulatan lainnya”. *Gesture* yang menyertainya ditunjukkan pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Gesture ikonik untuk menjelaskan diagram panah fungsi

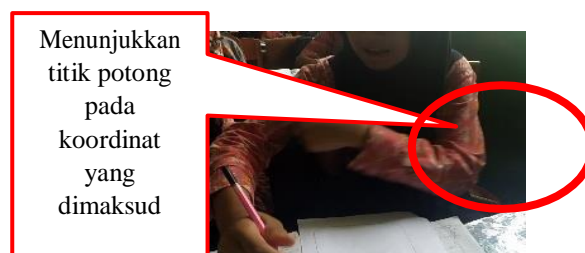
Kalimat tersebut disertai dengan gesture yang dilakukan dengan mengaitkan kedua tangannya untuk merepresentasikan diagram panah antara domain dan kodomain sebuah fungsi.

Gerakan-gerakan yang dilakukan tersebut merupakan gesture ikonik yang artinya gerakan tersebut dilakukan oleh siswa sesuai dengan pengalaman yang pernah dilakukannya dan digunakan dalam menjelaskan konsep abstrak dalam matematika kepada rekan sebayanya. Hal itu dilakukan untuk mempermudah menyampaikan apa yang dipikirkannya kepada rekan diskusinya. Dua gerakan yang diberikan peneliti sebelumnya menurut Edwards (2014) dapat dibagi dalam dua subkategori *gesture* yaitu *gesture* ikonik-fisik dan *gesture* ikonik-simbolik. *Gesture* ikonik-simbolik merupakan *gesture* yang mengacu pada gerakan-gerakan yang merujuk pada simbol atau grafik yang mana prosedur yang digunakan berkaitan dengan inskripsinya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan *gesture* ikonik-fisik seperti yang disampaikan oleh McNeill's yaitu suatu gerakan konkrit atau fisik untuk menggambarkan sebuah hal, seperti *gesture* siswa pada Gambar 2.

Gesture Metaforik

Gesture metaforik adalah *gesture* yang menggambarkan isi semantik melalui kiasan tanpa bentuk fisik. Berbagai macam istilah dan frasa yang terkait dengan gerakan metaforis, hal ini dapat dikatakan sebagai gerakan abstrak yang tidak memiliki makna secara nyata untuk

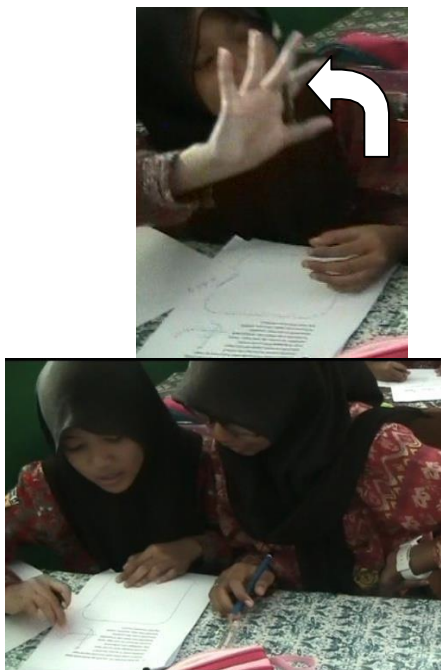
menggambarkan peristiwa. Gerakan ini berhubungan dengan abstraksi matematika. Gambar 3 di bawah ini menunjukkan contoh salah satu *gesture* metaforik. *Gesture* ini muncul ketika keduanya saling berdiskusi dan menemukan perbedaan pendapat pada kesimpulan yang diperolehnya. Salah satu rekannya memberikan gambaran tentang apa itu titik potong pada sebuah "koordinat". Dalam kasus ini, siswa memberikan gambaran dengan membentangkan tangan kanannya dan menggerakkan tangan kirinya seperti menunjuk ke arah tangan kanan yang sedang dibentangkannya (mungkin hal ini dimaksudkan sebagai bentuk koordinat titik pada sebuah grafik).



Gambar 3: *Gesture* metaforik saat mengkonkritkan ide abstraknya

Gesture metaforik yang muncul pada kelompok lain yaitu saat salah satu rekan diskusinya tidak memahami masalah yang diberikan. Pada lembar tugas terdapat kata "representasi", salah satu siswa bertanya tentang apa makna representasi yang dimaksud dalam lembar tugas tersebut. Selanjutnya rekan diskusinya menjelaskan makna tersebut diawali dengan menaikkan dan membuka semua tangannya kemudian membuat lintasan ke samping serta membuat lintasan melingkari semua

grafik sebanyak dua kali di atas kertas dengan jari tengah tangan kanannya. Seperti yang terlihat pada gambar 4 di bawah ini.



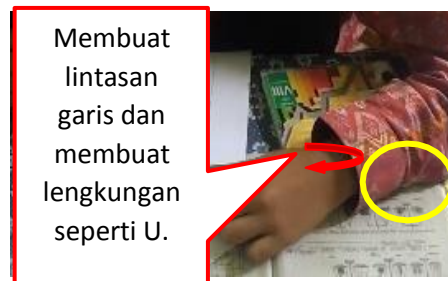
Gambar 4 : Gesture metaforik saat Menjelaskan Pemahaman kata "Representasi"

Gesture metaforik ini sangat menarik, karena mereka melakukan gerakan yang mengartikan bahwa sebuah penggambaran dari "representasi" grafik dalam matematika. Sampai-sampai kata tersebut harus dijelaskannya dalam perbincangan lain untuk mempermudah memahami apa yang dimaksud pada masalah yang sedang mereka hadapi.

Gesture Deiktik

Gesture deiktik merupakan *gesture* yang paling sering dilakukan siswa, baik saat siswa baru memahami masalah, sampai dengan siswa menyimpulkan hasil jawaban dari masalah yang sedang dihadapinya. *Gesture* deiktik merupakan *gesture* menunjuk. Sehingga peneliti

menemukan *gesture* ini terkadang digunakan bersamaan dengan *gesture* ikonik maupun *gesture* metaforik. Seperti pada gambar 5 dibawah ini



Gambar 5 : gesture deiktik yang dilakukan bersamaan dengan ikonik

Hal ini wajar ditemui dikarenakan siswa mencoba untuk mengeksplorasi apa yang sedang dipikirkannya dengan berbagai macam *gesture* yang dianggapnya mudah untuk menyampaikan segala informasi yang sedang dipikirkannya. Hal ini sejalan dengan pendapat yang dikemukakan oleh Alibali & Nathan (2011) bahwa *gesture* menunjuk yang dilakukan secara bersamaan atau serempak secara khusus efektif untuk mereduksi perhatian yang terpecah karena informasi diintegrasikan baik dengan leluasa maupun untuk sementara. Hal itu juga dapat membantu pengguna *gesture* untuk mengatur beban memori kerjanya saat berpikir untuk memecahkan masalah matematis dan memberikan penjelasan kepada lawan bicaranya. Selain itu argumentasi Francaviglia & Servidio (2011) juga menguatkan bahwa siswa akan menggunakan beragam *gesture* sebagaimana persepsi pengetahuannya yang berguna sebagai strategi untuk menciptakan representasi pemikiran

mereka dalam menghadapi masalah matematika.

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam memecahkan masalah matematis yang diberikan oleh peneliti, siswa melakukan variasi *gesture*. Variasi *gesture* yang dilakukan siswa dapat digolongkan berdasarkan klasifikasi yang dilakukan oleh McNeill (1992) mengenai *gesture* proporsional. Jenis *gesture* proporsional tersebut terdiri dari *gesture* ikonik, *gesture* metaforik dan *gesture* deiktik. Selanjutnya *gesture* ikonik dibagi lagi menjadi dua sub kategori yaitu *gesture* ikonik-fisik dan *gesture* ikonik-simbolik. *Gesture* deiktik merupakan *gesture* yang paling sering digunakan saat memecahkan masalah yang diberikan. Dari ketiga kelompok jumlah *gesture* deiktik yang dilakukan sebanyak 31 dari 53 *gesture* yang dilakukan. Fakta ini sesuai dengan pernyataan yang diungkap oleh Alibali & Nathan (2007) dalam salah satu penelitiannya diperoleh bahwa 56% pembelajaran matematika menggunakan *gesture*, 21% diantaranya menggunakan *gesture* deiktik, 20% diantaranya *gesture* representasional dan sisanya *gesture* menulis.

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa *gesture* deiktik dilakukan siswa dengan dua cara, terkadang tanpa ucapan dan paling sering digunakan disertai dengan ucapan. *Gesture* deiktik yang dilakukan tanpa ucapan digunakan untuk dirinya sendiri sebelum menyampaikan apa yang dipikirkan kepada lawan bicaranya, hal ini sesuai dengan pendapat Alibali dan Nathan (2011) bahwa siswa mengekspresikan

pengetahuan baru dalam bentuk *gesture* sebelum mereka menyampaikannya dengan perkataan. Sedangkan *gesture* deiktik yang digunakan bersamaan dengan ucapan digunakan untuk menunjukkan suatu hal kepada lawan bicaranya. Seperti yang dikatakan oleh McNeill (1992) bahwa *gesture* dan ucapan mengkombinasikan pengungkapan makna yang tidak sepenuhnya ditangkap oleh pembicara jika hanya dilakukan salah satu saja. Dengan kata lain *gesture* deiktik yang disertai dengan ucapan memberikan penegasan bagi pembicara untuk menyampaikan apa yang dipahaminya.

Dalam penelitian ini penggunaan *gesture* ikonik, metaforik dan deiktik ditemui dalam tiga cara baik itu disertai ucapan maupun tidak disertai ucapan. Pertama siswa menggunakan *gesture* ikonik, metaforik dan deiktik di atas kertas, kedua dilakukan di atas meja dan ketiga dilakukan di udara. *Gesture* ikonik yang dilakukan siswa di atas kertas ditujukan pada grafik. *Gesture* ini sering berbentuk lintasan bentuk, baik itu lintasan bentuk melingkar yang digunakan untuk merepresentasikan informasi yang dianggap penting dalam pikirannya, lintasan garis lurus untuk merepresentasikan sumbu x sebagai daerah asal suatu fungsi dan lintasan grafik lengkung seperti huruf “U” untuk merepresentasikan dengan jelas grafik fungsi kuadrat. *Gesture* yang dilakukan ini digunakan sebagai penggambaran objek yang sedang dipikirkan siswa saat berdiskusi dengan rekan kerjanya.

Seperti yang dikatakan oleh McNeill (1992) bahwa matematika memiliki gerakan-gerakan khusus untuk menjelaskan istilah-istilah matematika, dan gerakan ini menyerupai gerakan isyarat namun tidak semuanya mengacu pada gerakan isyarat. Mengapa demikian? Karena dari ketiga kelompok yang mendiskusikan tentang konsep fungsi, ditemukan gerakan-gerakan yang hampir sama (konstan) untuk menggambarkan sebuah hal, baik seperti grafik fungsi kuadrat dan perpotongan titik. Sehingga salah satu tujuan dari penelitian ini bahwa untuk membuktikan hipotesis yang dikatakan oleh McNeill tentang konsep fungsi menunjukkan adanya gerakan yang khas dalam mempelajari sebuah konsep matematika.

Di bawah ini disajikan Tabel 1 mengenai protokol *gesture* siswa saat berdiskusi untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan fungsi. simbol D artinya *gesture* deiktik yang digunakan, I adalah *gesture* ikonik dan M *gesture* metaforik.

Tabel 2. Protokol *Gesture* IIsaat Memberikan Alasan Jawaban *Setuju* dengan *Wachid*

Ucapan	Gesture	Jenis Gesture	Menit
Ini kan gini	Dengan menggunakan pensil mewakili jari telunjuk menunjuk gambar dan membuat lintasan tanpa bekas berbentuk dua garis, garis pertama dari arah atas ke bawah dan garis kedua dari kiri ke kanan.	D (gambar pada soal) I (koordinat cartesius)	03:21

Ucapan	Gesture	Jenis Gesture	Menit
Kamu ingat deskriminan? Kalau gini bukannya itu?	Dengan menggunakan pensil mewakili jari telunjuk membuat lintasan tanpa bekas di udara membentuk garis lengkung.	I (representasi grafik)	03:25
Bener gak jawabanku? Tapi yang ini?	Dengan menggunakan pensil mewakili jari telunjuk membuat lintasan tanpa bekas di meja seperti bulatan dan membentuk garis lurus di tengah bulatan.	I (grafik panah)	03:39
Bukannya kalau fungsi itu harus berbentuk gini	Menggunakan kedua tangannya, tangan kanan diarahkan ke atas dan tangan kiri diarahkan ke samping kanan.	M (perpotongan garis)	04:18
Lah kalau ini kan berbentuk lengkung	Menggunakan jari telunjuk membentuk lintasan grafik di udara melengkung seperti huruf U.	I (representasi grafik fungsi kuadrat)	04:25
Iya kan grafik nya gini	Menggunakan jari telunjuk membentuk lintasan grafik di udara melengkung seperti huruf U.	I (representasi grafik fungsi kuadrat)	05:02
Seingatku kalau yang fungsi itu berpotongan dan sejajar	Menggunakan kedua tangannya, tangan kanan dan kiri saling bertumpu di telapak tangan.	M (representasi grafik)	05:20
ini ada deskriminannya	Menggunakan jari telunjuk membentuk lintasan grafik di udara melengkung seperti huruf U.	I (memperjelas alasan grafik)	06:04
Ini sejajar bukan	Menunjuk	D (tegak)	06:22

Ucapan	Gesture	Jenis Gesture	Menit
tegak lurus	jawaban rekan diskusinya dengan menggunakan jari telunjuk tangan kanan	lurus)	

Eksplorasi makna dari *gesture* yang dihasilkan siswa dalam berpikir tentang sebuah konsep matematika akan banyak digali, karena topik *gesture* dalam bidang matematika diharapkan dapat memberikan inovasi terbaru dalam proses belajar mengajar. Tata cara berkomunikasi dengan menggunakan *gesture* diharapkan dapat membantu siswa lebih muda dalam memahami konsep matematika.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa selama berdiskusi menyelesaikan masalah matematika berkaitan dengan konsep fungsi. *Gesture* yang dilakukan sebanyak 53 *gesture*, diantaranya terdiri dari 13 *gesture* ikonik, 9 *gesture* metaforik dan 31 *gesture* deiktik. *Gesture* ikonik, metaforik dan deiktik ditemukan dalam tiga cara baik itu disertai ucapan maupun tidak disertai ucapan. Pertama siswa menggunakan *gesture* ikonik, metaforik dan deiktik di atas kertas, kedua dilakukan diatas meja dan ketiga dilakukan di udara. *gesture* digunakan sebagai alat untuk menarik perhatian dan memusatkan perhatian siswa selama berdiskusi memecahkan masalah karena siswa lebih tertarik memperhatikan argumentasi rekannya saat rekan diskusinya memunculkan *gesture*. Dengan memunculkan *gesture* siswa

merasa terbantu dalam mengurangi beban kerjanya selama memecahkan masalah secara kelompok. Sesuai dengan hipotesis McNeill, *gesture* matematis siswa. bahwa matematika memiliki gerakan-gerakan khusus untuk menjelaskan istilah-istilah matematika, dan gerakan ini menyerupai gerakan isyarat namun tidak semuanya mengacu pada gerakan isyarat.

Daftar Pustaka

- Alibali, M.W. & DiRusso, A.A. 1999. The Function of Gesture in Learning to Count: More than Keeping Track. *Cognitive Development*, 14: 37–56.
- Alibali, M.W. & Goldin-Meadow, S. 1993. Gesture–speech Mismatch and Mechanisms of Learning: What the Hands Reveal about a Child’s State of Mind. *Cognitive Psychology*, 25: 468–523.
- Becvar, A., Hollan, J., dan Hutchins, E. 2008. Representational Gestures as Cognitive Artifacts for Developing Theories in a Scientific Laboratory. Ackerman, M.S., (eds) *Resources, Co- Evolution and Artifacts: Theory in CSCW* . Hal: 117–143.
- Caroline C, W., Walkington, C., Boncoddio, R., Srisurichan, R., Pier, E., Nathan, A., & Alibali, M. 2012. Invisible Proof: The Role Of Gesture And Action In Proof. *Journal of Memory and Language*, (Online), Vol. 43, No. 3, (http://cwalkington.com?PME2012_Presentation_V15.pdf, diakses Desember 2015)

- Chan, H., Tsai, P., Huang, T.Y. 2006. Web-based Learning in a Geometry Course. *Educational Technology & Society*, 9(2), pp.133-140.
- Church, R.B. & Goldin-Meadow, S. 1986. The Mismatch Between Gesture and Speech as an Index of Transitional Knowledge. *Cognition*, 23: 43-71.
- Croteau, Ethan A.,Heffernan,Neil T. & Koedinger,Kenneth R.2004.Why Are Algebra Word Problem Difficult?. [Intelligent Tutoring Systems Lecture Notes in Computer Science](#),Vol. 3220, Hal: 240-250.
- Edwards, L. 2009. *Gesture, Conceptual integration and Mathematical Talk. International Journal for Studies in Mathematics Education*, 1 (1): 33-46.
- Francaviglia, M. & Servidio, R. 2011. *Gesture as a Cognitive Support to Solve Mathematical Problems. Psychology*, 2 (2): 91-97.
- Goldin-Meadow, S. & Alibali, M.W. 1995. Mechanisms of Transfer: Learning with a *Helping Hand. Psychology of Learning and Motivation*, 33: 115-157.
- Hostetter, A.B. & Alibali, M.W. 2008. Visible Embodiment: Gestures as Simulated Action. *Psychonomic Bulletin & Review*. 15 (3): 495-514
- Johnson, B. & Christensen, L. 2004. *Educatioonal Research Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches Second edition*. United States: Pearson Education, Inc.
- McNeill, D. 1992 *Hand and Mind: What Gesture Reveal about Thought*. Chicago: Chicago University Press.
- Moschkovich, J. (1996). Moving up and getting steeper: Negotiating shared descriptions of linear graphs. *The Journal of the Learning Sciences*, 5(3). 239-278.
- Radford, L., Edwards, L., & Arzarello, F. 2009. *Introduction: Beyond words. Educational Studies in Mathematics*, 70: 91-95.
- Rasmussen, C., Stephan, M., & Allen, K. 2004. *Classroom Mathematical Practices and Gesturing. Journal of Mathematical Behavior*, 23: 301-323.
- Reynolds, F. & Reeve, R. (2002). Gesture in collaborative mathematics problem-solving. *Journal of Mathematical Behavior*, 20. 447-460